

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

FILED

(11)Publication number : 2002-214563

(43)Date of publication of application : 31.07.2002

(51)Int.Cl.

G02B 27/18
 G02B 5/30
 G02B 19/00
 G02B 27/26
 G03B 21/00
 G03B 21/10
 G03B 21/14
 H04N 5/74

(21)Application number : 2001-005754

(22)Date of filing : 12.01.2001

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

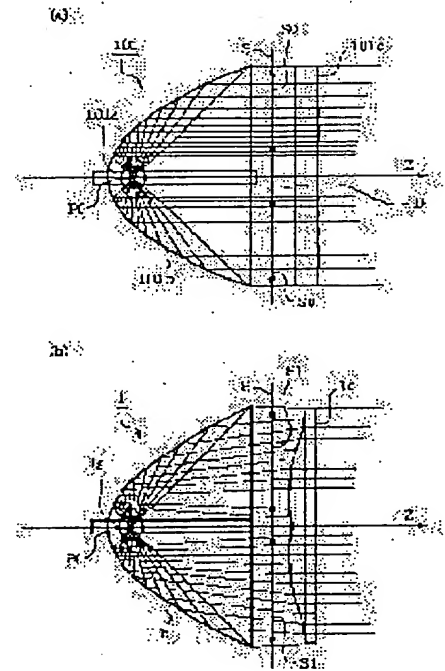
(72)Inventor : SEKIGUCHI AKIRA
 SASAGAWA TOMOHIRO
 NISHIMAE JUNICHI
 GOTO YOSHIYUKI
 TERAMOTO KOHEI

(54) LAMP, POLARIZATION CONVERTING OPTICAL SYSTEM, CONDENSING OPTICAL SYSTEM AND PICTURE DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve a problem that the divergent angle of a light beam emitted together with parallel beams gets large when light emitted from a light emitting part is reflected by a lamp reflector.

SOLUTION: This lamp is equipped with a deformed lamp reflector 1b obtained by deforming the paraboloid of revolution of a lamp reflector 101b to an aspherical reflection surface rotationally symmetric with respect to an optical axis Z and a lamp front lens 1c obtained by deforming the incident surface of a lamp front glass 101c to an aspherical lens surface rotationally symmetric with respect to the optical axis Z. A light beam group emitted from the center point Pf of the light source of the light emitting part 1a is reflected by the reflector 1b, and emitted from the lens 1c as a parallel light beam group having circular cross section equal to the emitting surface of the lens 1c.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-214563

(P2002-214563A)

(43)公開日 平成14年7月31日(2002.7.31)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト*(参考)
G 0 2 B 27/18		G 0 2 B 27/18	Z 2 H 0 4 9
5/30		5/30	2 H 0 5 2
19/00		19/00	5 C 0 5 8
27/26		27/26	
G 0 3 B 21/00		G 0 3 B 21/00	F
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 19 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願2001-5754(P2001-5754)

(22)出願日 平成13年1月12日(2001.1.12)

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 関口 暁

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72)発明者 笹川 智広

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74)代理人 100066474

弁理士 田澤 博昭 (外1名)

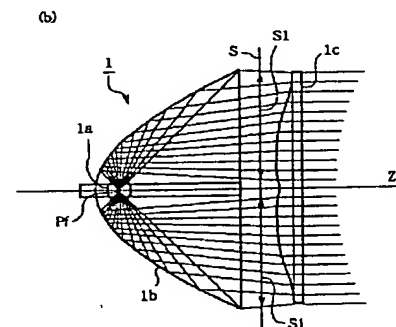
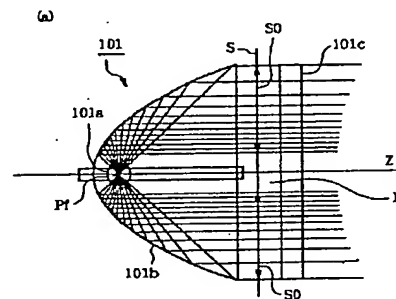
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ランプ、偏光変換光学系、集光光学系および画像表示装置

(57)【要約】

【課題】 発光部から発した光をランプリフレクターで反射すると、平行光とともに出射する光線の発散角が大きくなってしまいう課題があった。

【解決手段】 ランプリフレクター101bの回転放物面を光軸Zに対して回転対称な非球面反射面に変形した変形ランプリフレクター1bと、ランプ前面ガラス101cの入射面を光軸Zに対して回転対称な非球面レンズ面に変形したランプ前面レンズ1cとを備え、発光部1aの光源の中心点P fから発した光線群を変形ランプリフレクター1bで反射し、ランプ前面レンズ1cの出射面と等しい円形断面積を有する平行光線群としてランプ前面レンズ1cから出射するようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 アーク長で大きさが規定される光源によって光を発し、上記アーク長の方向が光軸の方向と一致する発光部と、上記光源の中心点と放物面焦点とが一致するように上記発光部を有し、上記光軸を中心とした回転放物面によって上記発光部の中心点から発した光線群を上記光軸に対する平行光線群として上記光軸の正方向へ反射するランプリフレクターと、上記ランプリフレクターからの平行光線群を平面形状の入射面および出射面を介して出射するランプ前面ガラスとを備えたランプにおいて、

上記ランプリフレクターの回転放物面を上記光軸に対して回転対称な非球面反射面に変形すると共に、上記ランプ前面ガラスの上記入射面または上記出射面の少なくとも一方を上記光軸に対して回転対称な非球面レンズ面に変形することによって、上記光源から各放射方向へ発する各光線群に異なるパワーをそれぞれ作用させて上記各光線群を平行光線群にコリメートし、上記ランプ前面レンズ出射面における発散角の分布を制御することを特徴とするランプ。

【請求項 2】 光源から発した光を回転放物面によって反射した際に生じる、ランプ前面ガラスの出射面上で光軸を中心とした上記光の出射しない円形領域に対して、非球面反射面の反射および非球面レンズ面のレンズ作用によって上記円形領域を縮小することを特徴とする請求項 1 記載のランプ。

【請求項 3】 ランプ前面レンズ出射面上の任意の点における出射光束の発散角を一定にして出射することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載のランプ。

【請求項 4】 請求項 1 から請求項 3 のうちのいずれか 1 項記載のランプと、アレイ状に構成された複数のレンズを有し、上記ランプから出射した光を複数のレンズ焦点にそれぞれ集光するレンズアレイと、上記レンズアレイのレンズ焦点付近に設置されるとともに、アレイ状に構成された複数の偏光ビームスプリッターを有し、上記ランプ前面ガラスから出射した光に含まれる 2 つの直交偏光成分を一致させて出射する偏光変換素子とを備えることを特徴とする偏光変換光学系。

【請求項 5】 請求項 1 から請求項 3 のうちのいずれか 1 項記載のランプと、上記ランプから出射した光をレンズ焦点に集めるコンデンサーレンズ群と、

上記レンズ焦点に集められた光を入射面で受光し、側面で全反射を繰り返した光を出射面から出射するロッドインテグレーターとを備えることを特徴とする集光光学系。

【請求項 6】 請求項 4 記載の偏光変換光学系と、入射した光に画像情報を与えて出射する光変調素子と、上記偏光変換光学系から出射した光を上記光変調素子の入射面へ重ね合わせて入射するインテグレーター光学系

と、

上記画像情報を得て上記光変調素子から出射した光を投影する投影光学系と、

上記投影光学系から投影された光を受光して、上記画像情報に基づく画像を表示するスクリーンとを備えることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 7】 請求項 5 記載の集光光学系と、

上記集光光学系から出射した光をリレーするリレー光学系と、

上記リレー光学系によってリレーされた光に画像情報を与えて出射する光変調素子と、

上記画像情報を得て上記光変調素子から出射した光を投影する投影光学系と、

上記投影光学系から投影された光を受光して、上記画像情報に基づく画像を表示するスクリーンとを備えることを特徴とする画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、発光部が所定の放射角範囲で放射した光を光軸とほぼ平行にして出射するランプと、このランプを用いた偏光変換光学系、集光光学系および画像表示装置に係るものである。

【0002】

【従来の技術】図 11 は従来のランプを用いた集光光学系の構成を示す図であり、光軸を含む任意の平面で切断した集光光学系の断面図を表している。図 11 において、101 は従来のランプ、101a は発光部、101b はランプリフレクター、101c はランプ前面ガラスである。発光部 101a、ランプリフレクター 101b およびランプ前面ガラス 101c から従来のランプ 101 が構成されている。

【0003】発光部 101a は、ガラス球内の中心に電極を備えて構成されており、電極と電極の間から光を発するようになっている。この電極間が発光部 101a の光源になっている。ランプリフレクター 101b は、回転放物面に形成された反射鏡であり、回転放物面の焦点（以下、放物面焦点という）と電極間の中心点とが一致するように発光部 101a を設けてあり、発光部 101a が発した光を回転放物面で反射する。

【0004】回転放物面とは、その回転軸（つまり光軸、準線と直交して焦点を通過する直線）周りに放物線の一部を回転して得られる空間曲面のことをいう。無限遠方から進行してくる完全な平行光を回転軸と平行に受光して回転放物面で反射させると、反射した平行光は全て放物面焦点に集まることが知られている。

【0005】この原理と光の逆進性を利用することによって、平行光を作り出すことができる。つまり、幾何学的な大きさを持たない点光源を放物面焦点に設置すると、点光源から発して回転放物面で反射した光は、回転放物面の回転軸と平行に進行する完全な平行光になる。

【0006】以上の理由から、ランプ101は、発光部101aを近似的に点光源と考えると、発光部101aの電極間の中心点をランプリフレクター101bの放物面焦点と一致させ、ランプリフレクター101bの反射によって発光部101aが発した光から平行光を作り出すようにしている。

【0007】ランプ前面ガラス101cは、ランプリフレクター101bの開口部分にフタをするように設けられている。これは、発光部101aが稀に起こす破裂事故などの対策であり、破裂事故の被害が他の光学部品など周辺へ広がるのをランプ前面ガラス101cによって防ぐ役割も果たしている。

【0008】もちろん、ランプリフレクター101bが反射した光は、ランプ前面ガラス101cを介してランプ101の外部へ放射される。従来のランプ101では、ランプリフレクター101bからの平行光を屈折しないように、ランプ前面ガラス101cの入射面および出射面はいずれも光軸Zと直交する平面形状に設計されている。

【0009】102a、102bはそれぞれコンデンサーレンズと呼ばれる球面レンズである。コンデンサーレンズ102a、102bは、ランプ前面ガラス101cから出射する光をその焦点（以下、レンズ焦点という）に集光する働きをしている。収差を抑えるために複数枚のレンズから構成されることが普通である。

【0010】103はロッドインテグレーターと呼ばれる柱状のガラスであり、入射面で受光した光がその内部を透過して出射面から出射する構造になっている。光の受光効率の向上、つまり入射面で光の取り込みを出来るだけ多くして損失を抑えるために、通常、コンデンサーレンズ102a、102bのレンズ焦点にロッドインテグレーター103の入射面を配置している。

【0011】発光部101aの中心、コンデンサーレンズ102a、102bの中心、ロッドインテグレーター103の入射面の中心を結ぶ直線Zは、これらの各構成要素が共有する光軸である。光軸Zの正方向は光の進行方向に取る。さらに、符号Dで示された光軸Z近傍の空間は、光線の存在しないデッドゾーンである。従来の集光光学系は、ランプ101、コンデンサーレンズ102a、102bおよびロッドインテグレーター103から構成されている。

【0012】図11の集光光学系の動作を説明する前に、発光部101aの輝度分布特性および配向分布特性について先に説明する。図12は発光部101aの典型的な輝度分布特性を示す図である。例えばメタルハライドランプや高圧水銀ランプの発光部101aは図12の輝度分布特性を有する。

【0013】図12において、101d、101eはそれぞれ発光部101aの電極、Pd、Peはそれぞれ電極101d、101eの近傍にある発光している先端

点、Pfは先端点Pd、Peの中心点である。前述したように、中心点Pfはランプリフレクター102bの放物面焦点と一致する。また、104は等高線的に示された発光部101aの輝度分布である。輝度分布104には10～90の相対輝度値を10刻みで添えてある。

【0014】図12の距離dはアーク長と呼ばれ、ランプ101の性能を示す一つの指標となっている。つまり、発光部101aがどれだけ理想的な点光源を近似しているかを示すパラメータである。アーク長dが小さければ小さいほど、電極101d、101eの先端点Pd、Peは中心点Pfにそれだけ接近し、発光部101aは理想的な点光源に近づいていく。このように、発光部101aはアーク長dで規定される有限の大きさの光源を有している。

【0015】電極101d、101e間に交流や直流の電圧が印可されると、輝度分布104に従って電極101d、101e間から光が発する。図12から分かるように、各電極101d、101eの先端点Pd、Peで相対輝度値約90の最大輝度がそれぞれ得られており、中心点Pfではやや下がって相対輝度値50～60、そして先端点Pd、Peから距離が離れるにしたがって相対輝度値は10まで低下していく。

【0016】このように、発光部101aにおいて最大輝度が得られる点は、アーク長dの半分だけ中心点Pfからそれぞれズレた先端点Pd、Peであり、中心点Pf、つまりランプリフレクター102bの放物面焦点で得られる輝度は最大輝度ではない。

【0017】図13は発光部101aの典型的な配向分布特性を示す図であり、符号105は配向分布を表している。図13では、発光部101aの中心点Pfを原点Oとし、光軸Zの正方向を放射角0度と定めて0～360度を紙面時計回りに取っている。そして、原点Oを中心として一定の放射角の方向に0～100の光度を20刻みで付している。原点Oから離れた点ほど光度が強くなり、原点Oの光度は0である。図11の光軸Zを含む任意の平面上で放射角をパラメータとして光度を測定すると、図13の配向分布105が得られる。

【0018】配向分布105を見ると、放射角60～120度、240～300度の2つの範囲で80以上の高い光度が測定されることが分かる。一方、0度を中心として±約50度、180度を中心として±約50度の各範囲では光度が弱くなっている。これは、図12に示したように、電極101a、101bが発光部101aに存在するためであり、0度±約50度、180度±約50度は電極101d、101eの影となって光が遮られる領域である。

【0019】図11の集光光学系の動作について次に説明する。発光部101aが発した大部分の光は、ランプリフレクター101bによって反射される。図12に示したように、発光部101aはアーク長dで規定される

有限の大きさの光源を持っているので、ランプリフレクター101bの反射光は完全ではないが光軸Zとはほぼ平行な光線群となる。このほぼ平行な光線群は、ランプ前面ガラス101cを透過して光軸Zの正方向へ出射する。図13の配向分布特性で述べたように、電極101d、101eの影によって光線の存在しないデッドゾーンDが発生している。

【0020】ランプ101からの出射光は、コンデンサーレンズ102a、102bで屈折してレンズ焦点に集光し、ロッドインテグレーター103の入射面へ入射してロッドインテグレーター103の内部を次の図14のように透過する。図14はロッドインテグレーター103内部の透過光の光路を示す図であり、103a、103b、103cはそれぞれロッドインテグレーター103の入射面、側面、出射面である。入射面103a、出射面103bは光軸Zと直交している。

【0021】コンデンサーレンズ102a、102bは、入射面103aへ入射する光がロッドインテグレーター103の側面103bで全反射をするように設計されている。したがって、入射面103aから入射した光は、側面103bで全反射を繰り返して出射面103cから出射する。全反射の現象を利用しているため、側面103bから光の漏れがなく、ロッドインテグレーター103内での損失は発生しない。

【0022】その際、コンデンサーレンズ102a、102bからの光は様々な入射角で入射面103aへ入射するため、側面103bで全反射を繰り返した光の照度分布は、出射面103cではほぼ一様になる。ロッドインテグレーター103の入射光および出射光の照度分布特性を図15(a)、(b)にそれぞれ示す。図15では、光軸Zに平行な軸は出射光の照度を表している。ロッドインテグレーター103は、ガウス分布的な照度分布(図15(a))を持つ入射光を一様な照度分布(図15(b))を持つ出射光に変換する役割を担っている。

【0023】ロッドインテグレーター103で作り出された一様な照度分布を持つ光は、後続の光学系によって転写される。例えば、DMD(デジタル・マイクロミラー・デバイスの略、Texas Instrument s Incorporated(TI)の登録商標)チップや液晶パネルなどの光変調素子を用いた画像表示装置の場合には、ロッドインテグレーター103の出射光はリレー光学系を介して光変調素子を照射し、光変調素子から画像情報を得る。画像情報を得た光は、投影光学系を介してスクリーンに投影され、画像情報に基づいた画像をスクリーンに表示する。

【0024】

【発明が解決しようとする課題】従来のランプは以上のように構成されているので、発光部から発した光をランプリフレクターで反射すると、平行光とともに出射する

光線の発散角が大きくなってしまおうという課題があった。

【0025】また、従来の集光光学系は以上のように構成されているので、コンデンサーレンズのレンズ焦点で光源像が広がり、ロッドインテグレーターの入射面で光の取り込み漏れが発生して損失を招いてしまうという課題があった。

【0026】さらに、従来の画像表示装置は以上のように構成されているので、ロッドインテグレーターの入射面で発生した損失によって、スクリーンに投影される画像の明るさが劣化してしまうという課題があった。

【0027】以上の各課題について具体的に説明する。図11において、発光部101aが幾何学的に完全な点光源の場合には、発光部101aが発した光はランプリフレクター101aの反射によって完全な平行光になる。この平行光はコンデンサーレンズ102a、102bによってレンズ焦点に集光されてロッドインテグレーター103の入射面103aへ全て入射するので、ランプリフレクター101bの反射損失やコンデンサーレンズ102a、102bの透過損失を除き、入射面103aの光の取り込み漏れによる損失は発生しない。

【0028】しかしながら、図12で既に説明したように、発光部101aはアーク長dで規定される大きさの光源を持っており、完全な点光源とみなすことができない。したがって、ロッドインテグレーター103の入射面103aにおける光の分布はレンズ焦点に集光されずに有限な大きさを有した光源像が現れる。

【0029】図16はロッドインテグレーター103の入射面103aに現れる発光部101aの光源像を説明するための図である。図16では、図12に示した最大輝度の先端点Pd、Peおよび放物面焦点と一致する中心点Pfを参照点として選び、これらの点からそれぞれ発した光線106d、106e、106fが入射面103aに集光する様子を示している。

【0030】ここで、ランプ前面ガラス101c上の点101zに注目した場合、そこを通過する各光線について考察する。中心点Pfから出射する光線の中で点101zを通過する光線106fは、ランプリフレクター101bで反射した後、光軸Zと完全に平行になり、点101zにおいてランプ前面ガラス101cに対して垂直に進む光である。したがって、この光線はコンデンサーレンズ102a、102bによって入射面103aへ設計通りに入射し、取り込み漏れを生じることはない。

【0031】一方、先端点Pd、Peから出射する光線の中で点101zを通過する光線106d、106eは、光線の発生地点であるPd、Peが放物面焦点にならないため、点101zを通過する時点で光軸に平行な光線とはならない。そこで、ランプ前面ガラス101cを仮想の平面光源とみなすことにする。すると、この光源は、点101zにおいて、平行光線106fを中心とし

て最大発散角を持つ光線が106d、106eで定義されるような光を放射するものと定義される。したがって、この斜めの光線成分は設計から外れた角度を持つため、コンデンサーレンズ102a、102bによって入射面103aへ集光する際に、その断面に入りきらない場合が多く生じてしまう。

【0032】このように、中心点Pfを中心とした電極101d、101e間の各点で発生した光は、コンデンサーレンズ102a、102bによって集光した場合、そのレンズ焦点において完全な点とはならず、入射面103aの断面よりも大きなサイズを持った光源像を形成することになる。

【0033】光線106d、106e、106fの入射面103aでの取り込みを定量的に解析した結果を図17に示す。図17はランプ前面ガラス101cからの出射光線の出射位置と入射面103aへの入射光線の入射位置との関係を示す図である。図17において、横軸はランプ前面ガラス101cから光線が出射する位置を表しており、図16の光軸Zからの距離Rである。また、縦軸は入射面103aに光線が入射する位置であり、図16の光軸Zからの距離R_iがこれに相当する。

【0034】この解析では、ランプ101はアーク長d=1.3[mm]、ランプリフレクター101bの開口径=75[mm]、入射面103aは断面積=5×6.5[mm²]とし、コンデンサーレンズ102a、102bから入射面103aへF値1で集光している。図17の符号107a、107bで示されるR_i=±2.5[mm]の直線は入射面103aの境界を表しており、|R_i|≤2.5[mm]の領域が入射面103aのサイズに相当する。

【0035】光線106fは、R=0~37.5[mm]の全出射範囲に対して入射位置|R_i|<約1.5[mm]となっており、入射面103aへ必ず入射することが分かる。また、光線106d、106eは、光軸Zから大きく外れたR=約20~37.5[mm]の出射範囲では、入射面103aの境界107a~境界107b内に収まっており、これらの出射範囲では光の取り込み漏れは発生せず損失とならない。

【0036】ところが、R=約20[mm]以下の光軸Zにやや接近した出射範囲になると、光線106d、106eは入射面103aの境界107a~境界107bから外れてしまうようになる。つまり、R=約6~19[mm]の出射範囲で光線106dは損失L_dを発生し、R=約2~12[mm]の出射範囲で光線106eは損失L_eを発生している。

【0037】そして、光軸Zに最も接近したR=約0~6[mm]、R=約0~2[mm]の出射範囲になると、光線106d、106eは境界107a~境界107b内に再びそれぞれ収まるようになる。

【0038】ここで特に大きな問題となるのは、損失L

d、L_eにおける光度が他の領域と比べて大きいことである。これについて説明する。図18はランプ前面ガラス101cにおける出射光の光度分布を示す図である。図17と同様に横軸は光軸からの距離Rを示しており、また縦軸は出射光の相対的な光度（照度×リング状微小面積）である。

【0039】図18から分かるように、例えば約0.5以上の相対光度を示す出射範囲はR=約7~23[mm]（Rのマイナス側も同様）となっている。ランプ101の光度が大きな数値を示すこのボリュームゾーンVは、先に示した損失L_d、L_eの出射範囲R=約6~19[mm]、R=約2~12[mm]にほとんど相当していることが分かる。つまり、最も光度の大きなボリュームゾーンVの光は入射面103aで取り込まれなくなり、損失になってしまう。

【0040】以上の課題を解決するために、入射面103aのサイズを大きくすることが考えられる。しかしながら、製造工程の歩留まりなどの関係からDMDチップや液晶パネルなどの光変調素子は小さな受光面積のものほど有利であり、そして一般的に倍率の関係から、ロッドインテグレーター103の入射面103aのサイズは光変調素子のサイズに比例して小さくなるため、この方法によって簡単に解決できる課題ではない。

【0041】この発明は上記のような課題を解決するためになされたものであり、発散角の抑制された光束を出射するランプを構成することを目的とする。

【0042】また、この発明は、コンデンサーレンズのレンズ焦点における光源像の広がりを抑えて、ロッドインテグレーターの入射面で生じる損失を軽減する集光光学系を構成することを目的とする。

【0043】さらに、この発明は、ロッドインテグレーターの入射面で発生する損失を軽減して、スクリーンに投影される画像の明るさを改善できる画像表示装置を構成することを目的とする。

【0044】

【課題を解決するための手段】この発明に係るランプは、ランプリフレクターの回転放物面を光軸に対して回転対称な非球面反射面に変形すると共に、ランプ前面ガラスの入射面または出射面の少なくとも一方を光軸に対して回転対称な非球面レンズ面に変形することによって、光源から各放射方向へ発する各光線群に異なるパワーをそれぞれ作用させて各光線群を平行光線群にコリメートし、ランプ前面レンズ出射面における発散角の分布を制御するようにしたものである。

【0045】この発明に係るランプは、光源から発した光を回転放物面によって反射した際に生じる、ランプ前面ガラスの出射面上で光軸を中心とした光の出射しない円形領域に対して、非球面反射面の反射および非球面レンズ面のレンズ作用によって円形領域を縮小するようにしたものである。

【0046】この発明に係るランプは、ランプ前面レンズ出射面上の任意の点における出射光束の発散角を一定にして出射するようにしたものである。

【0047】この発明に係る偏光変換光学系は、上記のランプと、アレイ状に構成された複数のレンズを有し、ランプから出射した光を複数のレンズ焦点にそれぞれ集光するレンズアレイと、レンズアレイのレンズ焦点付近に設置されるとともに、アレイ状に構成された複数の偏光ビームスプリッターを有し、ランプ前面ガラスから出射した光に含まれる2つの直交偏光成分を一致させて出射する偏光変換素子とを備えるようにしたものである。

【0048】この発明に係る集光光学系は、上記のランプと、ランプから出射した光をレンズ焦点に集めるコンデンサーレンズ群と、レンズ焦点に集められた光を入射面で受光し、側面で全反射を繰り返した光を出射面から出射するロッドインテグレータとを備えるようにしたものである。

【0049】この発明に係る画像表示装置は、上記の偏光変換光学系と、入射した光に画像情報を与えて出射する光変調素子と、偏光変換光学系から出射した光を光変調素子の入射面へ重ね合わせて入射するインテグレータ光学系と、画像情報を得て光変調素子から出射した光を投影する投影光学系と、投影光学系から投影された光を受光して、画像情報に基づく画像を表示するスクリーンとを備えるようにしたものである。

【0050】この発明に係る画像表示装置は、上記の集光光学系と、集光光学系から出射した光をリレーするリレー光学系と、リレー光学系によってリレーされた光に画像情報を与えて出射する光変調素子と、画像情報を得て光変調素子から出射した光を投影する投影光学系と、投影光学系から投影された光を受光して、画像情報に基づく画像を表示するスクリーンとを備えるようにしたものである。

【0051】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の一形態を説明する。

実施の形態1. 図1はこの発明の実施の形態1によるランプを適用した集光光学系の構成を示す図であり、光軸を含む任意の平面で切断した集光光学系の断面図を示している。図1において、1は実施の形態1によるランプ、1aは発光部、1bは変形ランプリフレクター、1cはランプ前面ガラスである。発光部1a、変形ランプリフレクター1bおよびランプ前面レンズ1cから実施の形態1のランプ1が構成されている。

【0052】発光部1aは、ガラス球内の中心に電極を備えて構成されており、電極と電極との間から光が発するようになっている。この電極間が発光部1aの光源になっている。発光部1aは、従来の技術で示した発光部101aと同等のものであり、図12の輝度分布特性、図13の配向分布特性を有している。

【0053】ランプ1を特徴付ける構成要素の変形ランプリフレクター1bは、発光部1aからの光を非球面反射面によって反射し、変形ランプリフレクター1bの開口から出射するように設計されている。変形ランプリフレクター1bの非球面反射面とは、多項式で表される平面曲線をその回転軸（光軸）周りに回転して得られる凹面鏡であり、回転放物面に近い形状をしている。

【0054】変形ランプリフレクター1bとともにランプ1を特徴付ける構成要素のランプ前面レンズ1cは、回転軸（光軸）に対称な非球面レンズとなっている。このランプ前面レンズ1cは、変形ランプリフレクター1bの開口部分にフタをするように設けられており、発光部1aが稀に起こす破裂事故などの対策を兼ねると同時に、変形ランプリフレクター1bからの反射光にレンズ作用を与える働きを持っている。

【0055】図1のランプ前面レンズ1cは、変形ランプリフレクター1bからの反射光の入射面だけに凹凸のレンズ面を形成した片面非球面レンズであるが、ランプ1の使用条件に応じて、レンズ面を出射面だけに形成した片面非球面レンズや、入射面と出射面の両方にレンズ面を形成した両面非球面レンズであっても良い。

【0056】2a、2bはそれぞれコンデンサーレンズ（コンデンサーレンズ群）と呼ばれる球面レンズである。コンデンサーレンズ2a、2bは、ランプ前面レンズ1cからの出射光をその焦点（以下、レンズ焦点という）に集光する働きをしている。収差を抑えるために複数枚のレンズから構成されることが普通である。

【0057】3はロッドインテグレータと呼ばれる柱状のガラスであり、入射面3aで受光した光が側面3bを全反射しながらその内部を透過して出射面3cから出射する構造になっている。光の受光効率の向上、つまり入射面3aでの光の取り込みを可能な限り多くして損失を抑えるために、通常、コンデンサーレンズ2a、2bのレンズ焦点にロッドインテグレータ3の入射面3aを配置する。

【0058】発光部1aの中心、コンデンサーレンズ2a、2bの中心、ロッドインテグレータ3の入射面3aの中心を結ぶ直線Zは光軸であり、変形ランプリフレクター1bやランプ前面レンズ1cの回転軸と一致する。光軸Zの正方向は光の進行方向に取る。なお、実施の形態1の集光光学系は、ランプ1、コンデンサーレンズ2a、2bおよびロッドインテグレータ3から構成されている。

【0059】まず始めに動作について説明する。前述したように、発光部1aは従来と同様の輝度分布特性、配向分布特性で発光する。発光部1aから発した大部分の光は、変形ランプリフレクター1bの非球面反射面によって反射され、光軸Zの正方向に向かって進行する。

【0060】変形ランプリフレクター1bの反射光は、ランプ前面レンズ1cのレンズ作用を受けて出射すると

その主光線は光軸Zと平行になる。従来のランプ101では、ランプ前面ガラス101cから出射する光の発散角は光軸Zからの距離に応じて変化していたが、この発明のランプ1では、ランプ前面レンズ1cから出射する光の発散角は光軸Zからの距離に依らず一定である。ランプ前面レンズ1cから出射した光は、コンデンサーレンズ2a、2bで屈折してレンズ焦点に集光して、ロッドインテグレーター3の入射面3aへ入射してその内部を透過する。

【0061】コンデンサーレンズ2a、2bは、入射面3aへ入射する光がロッドインテグレーター3の側面3bで全反射をするように設計されているので、従来の図14と同様に、入射面3aから入射した光は、側面3bで全反射を繰り返して出射面3cから出射する。

【0062】全反射の現象を利用しているため、側面3bから光の漏れがなく、ロッドインテグレーター3内での損失は発生しない。その際、コンデンサーレンズ2a、2bからの光は様々な入射角で入射面3aへ入射するため、側面3bで全反射を繰り返した光の照度分布は、従来の図15(b)と同様に、出射面3cでほぼ一様になる。

【0063】ロッドインテグレーター3で作り出された一様な照度分布を持つ光は、後続の光学系によって転写される。例えば、DMDチップや液晶パネルなどの光変調素子を用いた画像表示装置の場合には、ロッドインテグレーター3の出射光はリレー光学系を介して光変調素子を照射し、光変調素子から画像情報を得る。画像情報を得た光は、投影光学系を介してスクリーンに投影され、画像情報に基づいた画像をスクリーンに表示する。

【0064】次にランプ1の特徴について具体的に説明する。図2は従来のランプ101と実施の形態1のランプ1とを比較するための図であり、図2(a)はランプ101、図2(b)はランプ1である。図1、図11と同一または相当する構成については同一符号を付してある。図2では、発光部1a、101aの中心点Pfから等しい放射角度間隔でそれぞれ発した光線群を示している。また、符号Sで示した平面は光軸Zと直交する仮想平面であり、ランプリフレクター1bの非球面反射面の形状を説明するために仮想的に図示している。

【0065】図2(a)のランプ101の場合、発光部101aの中心点Pfから等しい放射角度間隔で発した光線群は、ランプリフレクター101bの回転放物面で反射されて光軸Zと平行な光線群に変換される。この平行光線群は、平面形状のランプ前面ガラス101cを透過してそのまま光軸Zの正方向へ進行する。

【0066】図2(a)の場合には、光軸Z上における仮想平面Sの位置が正方向へ移動しても、平行光線群が仮想平面Sを通過する断面積S0の大きさは変化しない。また、断面積S0における平行光線群の分布は均一ではなく、光軸Zの近傍では密、光軸Zから離れるに

たがって疎になっている。

【0067】一般に、有限の大きさを持つ光源をコリメートする場合、コリメーターレンズの焦点から出射した光線のコリメート光は完全に平行になって主光線を形成するが、焦点と異なる位置から出射する光線は発散光成分になる。また、この場合、同じ光源を用いたとしてもパワーの大きなコリメーターレンズほどコリメート光の発散角は大きくなり、パワーの小さなコリメーターレンズほどコリメート光の発散角は小さくなる。

【0068】ところで、ランプ101の場合、ランプリフレクター101bの回転放物面は光軸Zの近傍ほどパワーが大きく、光軸Zから離れるにつれてパワーが小さくなっている。ランプリフレクターの持つコリメート作用に対して前述の原理を当てはめると、回転放物面の光軸Zの近傍で反射した光束は、その大きなパワーに応じた大きな発散角で出射し、回転放物面の光軸Zから離れた部分で反射した光束は、その小さなパワーに応じた小さな発散角でランプ前面ガラス101cから出射する。

【0069】ランプ101から出射する光束の様子を図3(a)に示す。図3(a)では発光部101aから発した光束が光軸Zの近傍の光束108aとして出射した場合と、光軸Zから離れた光束108bとして出射した場合とを図示している。光束108bの発散角と比較して、光束108aの発散角が大きくなっていることが理解できる。

【0070】一般に、レンズを用いて平行光線を集光する場合、レンズへ入射する平行光線がレンズの光軸に対して平行な場合には、レンズへ入射した平行光線はレンズ焦点に集光されるが、レンズへ入射する平行光線がレンズの光軸に対してある角度を持っている場合には、レンズへ入射した平行光線は光軸に対して垂直方向へレンズ焦点からズレた位置に集光される。ゆえに、発散角の大きい光束108aに対するコンデンサーレンズ102a、102bの集光点は、光軸Zを中心とした大きな範囲に広がってしまう。逆に、発散角の小さい光束108bに対する集光点は、光軸Zを中心とした比較的小さな範囲に収まる。

【0071】従来の課題で述べたように、反射光の発散角が大きくなるランプリフレクター101bの光軸Zの近傍は、図18に示した光度分布特性のボリュームゾーンVの光を反射する部分であり、また、発散角が小さくなる光軸Zから離れた領域は、ボリュームゾーンVよりも低い光度の光を反射する部分である。このことが、ロッドインテグレーター3の入射面3aに対する光の取り込みを劣化させている要因であった。

【0072】以上の従来のランプ101における出射光束の発散角を改善することによって入射面3aでの光の取り込み効率の向上を狙ったのがランプ1の特徴である。図2(b)に示したランプ1においては、非球面反

射面からなる変形ランプリフレクター1bと、非球面レンズであるランプ前面レンズ1cの組合せを用いて光のコリメーションを行う。

【0073】図2(b)に示した変形ランプリフレクター1bの非球面反射面は、中心点Pfから等放射角度で光を発した場合、デッドゾーンDを埋めるように光線を広げ、なおかつ変形ランプリフレクター1bが反射した光線群が仮想平面Sを通過する断面積(通過断面積)S1上において、光線群の密度が均一になるように設計されている。従来のランプ101で見られたデッドゾーン(円形領域)Dは、ランプリフレクター101bで反射した平行光線群に光軸Zを中心として囲まれた領域であり、平行光線群が存在しない。すなわち、デッドゾーンDは、発光部101aの光源からの光をランプリフレクター101bの回転放物面によって反射しても光の出射しない領域であり、ランプ前面ガラス101cの出射面上で光軸Zを中心とした円形になっている。一方、ランプ前面レンズ1cは、変形ランプリフレクター1bによって反射された光線の角度を光軸Zと平行になるように修正する働きをする。したがって、ランプ1から出射した平行光線群は、ランプ前面レンズ1cの出射面と等しい円形断面積を有している。

【0074】以上に述べた変形ランプリフレクター1bとランプ前面レンズ1cの組合せが形成するコリメーターレンズ系は、発光部1aの中心点Pfから任意の微小立体角内に発せられる光束に対して、その出射断面積が一定となる。これは、このコリメーターレンズ系が光束の放射方向に依らずに一定のパワーを持つことを示しており、すなわち出射光束の発散角が任意の地点で一定になることを意味する。

【0075】さらに、変形ランプリフレクター1bはデッドゾーンDを埋めるように光線を広げるため、コリメーターレンズ系はその分だけパワーを緩めることができ、出射光の発散角を抑える効果がある。ランプ1から出射する光束の様子を図3(b)に示す。

【0076】図3(b)では、発光部1aから発した光束が光軸Z近傍の光束4aとして出射した場合と、光軸Zから離れた光束4bとして出射した場合とを図示している。光軸Z近傍から出射した光束4aの発散角と、光軸Zから離れた光束4bの発散角とがほとんど等しくなっていることが理解できる。

【0077】従来の技術で示した図16、図17にならって、この実施の形態1の効果を具体的に解析した結果を次に示す。図4に示すように、ランプ前面レンズ1cでの光束の出射位置Rをパラメーターとして、発光部1aの電極の近傍にあって発光する先端点Pd、Peおよびこれらの中心点Pfからそれぞれ発した光束5d、5e、5fの入射面3aへの入射位置Riを解析した結果を図5に示す。

【0078】図5はランプ前面レンズ1cの光出射位置

と入射面3aの光入射位置との関係を示す図であり、従来の図17と比較できる。図1と同一の符号は同一または相当する構成である。図5において、横軸はランプ前面レンズ1cから光束が出射する位置を表しており、図4の光軸Zからの距離Rである。縦軸はロッドインテグレーター3の入射面3aに光束が入射する位置であり、図4の光軸Zからの距離Riがこれに相当する。

【0079】この解析では、アーク長 $d = 1.3$ [mm]、変形ランプリフレクター1bの開口径 $\phi = 70$ [mm]、入射面3aは断面積 $= 5 \times 6.5$ [mm²]とし、コンデンサーレンズ2a、2bから入射面3aへF値1で集光している。図5の符号6a、6bで示される $Ri = \pm 2.5$ [mm]の直線は入射面3aの境界を表しており、 $|Ri| \leq 2.5$ [mm]の領域が入射面3aのサイズに相当する。

【0080】ランプ1から出射した各光束5d、5e、5fは、ランプ前面レンズ1cの光軸Zとの交点から、ランプ前面レンズ1c出射面の外径までの出射位置、つまり $R = 0 \sim 34$ [mm]の全出射範囲に対して、境界6a～境界6bで挟まれる入射位置 $|Ri| \leq 2.5$ [mm]の領域に完全に収まっており、従来で見られた損失Ld、Leを発生せず、入射面3aへ必ず入射することが分かる。

【0081】なお、変形ランプリフレクター1bに対する発光部1aの位置は、発光部1aのアーク長dの方向を光軸Zに一致させ、輝度分布特性や配向分布特性、ボリュームゾーンVなど、発光部1aの発する光の諸特性に応じて変形ランプリフレクター1bの非球面反射面を例えば次のようにして設計する。

【0082】図6は発光部1aに対する変形ランプリフレクター1bの非球面反射面の設計例を示す図であり、図1と同様に、光軸Zを含む任意の平面で変形ランプリフレクター1bを切断している。図1と同一または相当する構成については同一符号を付してある。

【0083】まず、光軸Z上の発光部1aに対するランプ前面レンズ1cの設置位置8を設定する。発光部1aの中心点Pfからの光線の放射方向は例えば図13のように決まっているので、光軸Zの負方向へ向う最外放射角の光線7aに注目する。従来のランプ101のランプリフレクター101bによる反射が起こる地点に微小ミラー1b-1を設置する。この微小ミラー1b-1はランプ前面レンズ1cの設置位置8が光軸Zと交わる交点Q1に向って光線7aを反射させなくてはならないため、図6において、微小ミラー1b-1の光軸Zに対する角度は一意的に決定される。

【0084】次に光軸Zの正方向に向って微小放射角度 $d\theta$ だけ光線7aとズレた光線7bを考える。前述の微小ミラー1b-1を延長する線とこの光線7bとの交差する点において、ランプ前面レンズ1bの設置位置8が光軸Zと交わる交点Q1から光軸Zに垂直な方向へ微小

距離 d_r だけズレた交点 Q_2 に向かって反射を行う微小ミラー $1b-2$ を設定する。微小ミラー $1b-1$ と同様に、微小ミラー $1b-2$ の光軸 Z に対する角度は一意的に決定される。

【0085】微小放射角度 $d\theta$ と微小距離 d_r とを常に一定に保ちつつ、以上のプロセスを光線の全放射角範囲で繰り返し、微小ミラーの集合を形成する。微小放射角度 $d\theta$ と微小距離 d_r との比は任意に設定することができるが、一般的には、発光部 $1a$ の中心点 P_f から光軸 Z の正方向に向う最外角の光線のランプ前面レンズ $1c$ における到達地点の半径が、ランプ 101 の出射光束の半径程度になるように設定する。

【0086】微小放射角度 $d\theta$ と微小距離 d_r との比を保ちつつ、両者の値を無限に小さくすると、変形ランプリフレクター $1b$ の非球面反射面の形状が決定される。また、以上のようにして設計された変形ランプリフレクター $1b$ からの各光線を屈折して光軸 Z と平行に出射するように、ランプ前面レンズ $1c$ の非球面レンズ面の形状が設計される。

【0087】このように、発光部 $1a$ の中心点 P_f から光線群の放射角の大きさに応じて、変形ランプリフレクター $1b$ で反射した光線群をランプ前面レンズ $1c$ の入射面全面へ互いに交差しないように入射し、ランプ前面レンズ $1c$ のレンズ作用によって入射した光線群を光軸 Z に対する平行光線群に変換して出射するようにランプ 1 を設計している。したがって、ランプ 1 から出射した平行光線群は、ランプ前面レンズ $1c$ の出射面と等しい円形断面積を有するようになる。

【0088】また、図2では、等しい放射角度間隔で中心点 P_f からそれぞれ発した光線群をできるだけ均一に断面積 S_1 へ分配したが、光軸 Z から離れた部分の反射光束は光度が低いので、例えばボリュームゾーン V 以外の光束よりも、ボリュームゾーン V に含まれる光束の断面積を大きくして仮想平面 S 上での分布を不均一にし、ボリュームゾーン V の発散角をより抑制するようにしても良い。

【0089】さらに、ボリュームゾーン V の規定は特に限定されるわけではなく、光度 0 より大きくピーク値よりも小さい適当な光度レベルを光度閾値として、光度閾値以上の高い光度の領域をボリュームゾーン V と定めれば良い。

【0090】最後に、この実施の形態1による集光光学系を適用した画像表示装置の一例を示す。図7はこの発明の実施の形態1による画像表示装置の構成例を示す図である。図1と同一または相当する構成については同一符号を付してある。図7において、 11 はこの実施の形態1による集光光学系からの光を3原色に色分離するカラーホイール、 12 はロッドインテグレーター3からの光をリレーするリレーレンズ（リレー光学系）、 13 は光路を折り曲げる折り返しミラー（リレー光学系）、 1

4 は入射光束中の各点の主光線方向をそろえるフィールドレンズ（リレー光学系）である。カラーホイール 11 は、ロッドインテグレーター3の入射面 $3a$ の前や出射面 $3c$ の後に設けられる。

【0091】 15 はTIRプリズム（光変調素子）、 16 は光変調素子であるDMDチップ（光変調素子）、 17 はDMDチップ 16 の強度変調光を結像させる投影レンズ（投影光学系）、 18 は投影レンズ 17 が結像した光を背面から受光して画像を表示するスクリーンである。TIRプリズム 15 は、投影レンズ 17 の入射部によって入射光束がケラレるのを防止するため、入射光束のみDMDチップ 16 へ全反射し、DMDチップ 16 からの出射光束は直進させて投影レンズ 17 へそのまま通過するものであり、集光光学系やリレー光学系から投影光学系を構造的に分離する働きをしている。

【0092】次に動作について説明する。コンデンサーレンズ $2a$ 、 $2b$ は、ランプ 1 から出射した光をF値 1 の円錐形の光束としてそのレンズ焦点に集光する。集光された光は、カラーホイール 11 によって指定した色だけが選択され、ロッドインテグレーター3へ入射面 $3a$ から入射する。ロッドインテグレーター3の出射面 $3c$ から出射したほぼ均一な光強度分布の光はF値 1 で出射し、リレーレンズ 12 、折り返しミラー 13 、フィールドレンズ 14 から成るリレー光学系によって順次リレーされてTIRプリズム 15 へ入射する。

【0093】TIRプリズム 15 への入射光は、TIRプリズム 15 内部で反射されてDMDチップ 16 へ照射される。DMDチップ 16 はデジタル画像情報により画像情報を光束に与えて強度変調光として出射する。DMDチップ 16 が出射した画像情報を得た強度変調光は、TIRプリズム 15 を再び透過して投影レンズ 17 からスクリーン 18 へと投影される。

【0094】図7の画像表示装置では、この実施の形態1の集光光学系を照明光源として用いているので、従来の画像表示装置と比較すると、スクリーン 18 に投影される画像の明るさを改善できる。解析結果によれば、従来と比較して約 $1.1 \sim 1.2$ 倍も画像を明るくすることができ、非常に大きな改善効果を期待できる。また、従来のランプ $101a$ をランプ 1 と交換するだけで、画像表示装置の他の構成要素はそのまま利用できるため、この明るさを改善する際の労力は比較的少なく済む。

【0095】ここでは、DMDチップ 16 を用いた画像表示装置に集光光学系を適用した場合について説明したが、図7以外の構成や液晶パネルを用いた画像表示装置にも適用することが可能である。

【0096】以上のように、この実施の形態1によれば、ランプリフレクター $101b$ の回転放物面を光軸 Z に対して回転対称な非球面反射面に変形した変形ランプリフレクター $1b$ と、ランプ前面ガラス $101c$ の入射面を光軸 Z に対して回転対称な非球面レンズ面に変形し

たランプ前面レンズ1cとを備え、発光部1aの光源の中心点P fから発した光線群を変形ランプリフレクター1bで反射し、ランプ前面レンズ1cの出射面と等しい円形断面積を有する平行光線群としてランプ前面レンズ1cから出射するようにしたので、従来と比較して、発散角の抑制された光束を平行光線群とともに出射できるという効果が得られる。

【0097】また、この実施の形態1によれば、光軸Zの方向と一致した方向のアーク長dによって大きさが規定される光源から光を発する発光部1aと、非球面反射面によって発光部1aの光源が発した光を光軸Zの正方向へ反射する変形ランプリフレクター1bと、変形ランプリフレクター1bで反射した光を非球面レンズ面で屈折して出射するランプ前面レンズとを備え、発光部1aの光源の中心点P fから発した光線群と光軸Zとのそれぞれなす放射角の大きさに応じて、変形ランプリフレクター1bが中心点P fから発した光線群をランプ前面レンズ1cの入射面全面へ互いに交差することなく反射し、ランプ前面レンズ1cが変形ランプリフレクター1bで反射した光線群を非球面レンズ面で屈折して光軸Zに対する平行光線群として出射するようにしたので、従来と比較して、発散角の抑制された光束を平行光線群とともに出射できるという効果が得られる。

【0098】さらに、この実施の形態1によれば、発光部1aの中心点P fが発した光線群の断面積S1上の密度を均一にするようにしたので、ランプ前面レンズ1cの出射位置によらず、発光部1aが発した全ての光束の発散角をほぼ一定にして出射できるという効果が得られる。

【0099】さらに、この実施の形態1によれば、ランプ1と、ランプ1からの光をそのレンズ焦点に集めるコンデンサーレンズ2a、2bと、レンズ焦点に集められた光を入射面3aで受光し、側面3bで全反射を繰り返した光を出射面3cから出射するロッドインテグレーター3とから集光光学系を構成するようにしたので、従来と比較して、レンズ焦点における発光部1aの光源像の広がりを抑制することができ、ロッドインテグレーター3の入射面3aで生じる損失を軽減できるという効果が得られる。

【0100】さらに、この実施の形態1によれば、ランプ1、コンデンサーレンズ2a、2bおよびロッドインテグレーター3から成る集光光学系と、ロッドインテグレーター3の入射面3aの前または出射面3cの後に設けられ、光を3原色に色分離する少なくとも1枚のカラーホイール11と、集光光学系の出射光をリレーするリレー光学系としてのリレーレンズ12、折り返しミラー13およびフィールドレンズ14と、リレー光学系からの光に画像情報を与えて出射する光変調素子としてのTIRプリズム15およびDMDチップ16と、光変調素子から画像情報を得た光を投影する投影レンズ17と、

投影された光を受光して画像を表示するスクリーン18とから画像表示装置を構成するようにしたので、ロッドインテグレーター3の入射面3aで発生する損失を軽減できるようになり、従来と比較して、スクリーン18に表示される画像の明るさを改善できるという効果が得られる。

【0101】なお、ランプ1を設計する際にはデッドゾーンDを完全に埋める必要はなく、デッドゾーンDを縮小するように変形ランプリフレクター1bで光を反射すれば、ランプ前面レンズ1cから出射する光の断面積が広がるようになるので、同様の効果を得ることができる。

【0102】実施の形態2. 液晶パネルを用いた画像表示装置では偏光した光を利用するため、ランプから出射される光をそのまま用いた場合、利用される一方の偏光成分に対して直角な他方の偏光成分は無駄に捨てられてしまう。そのため、液晶パネルの画像表示装置にランプの光を用いる場合、レンズアレイと偏光変換素子とを組み合わせて偏光成分をそろえる方法が一般に採られる。この実施の形態2では、実施の形態1のランプ1を用いた偏光変換光学系について説明する。

【0103】図8はこの発明の実施の形態2による偏光変換光学系の構成を示す図であり、液晶パネルに対して光を入射するために用いられる。図1と同一または相当する構成については同一の符号を付してある。図8において、21はレンズアレイと呼ばれ、複数のレンズ21aをアレイ状に配置した構造を持つ。22は複数の偏光ビームスプリッター22a（以下、PBSと略す）から成るPBSアレイ（偏光変換素子）であり、レンズアレイ21のレンズ焦点付近に設置されている。PBS22aは等間隔でアレイ状に並んでPBSアレイ22を構成している。

【0104】発光部1aの光源から発した大部分の光は、変形ランプリフレクター1bの非球面反射面で反射する。この反射光は、光軸Zの正方向へ光が進行するとともに断面積が大きくなり、かつ光線の分布が均一になっている。変形ランプリフレクター1bから光軸Zの正方向に向う光線はランプ前面レンズ1cを透過して、ほぼ平行光となってランプ1から出射する。ここでは、平行光の断面積を大きくし、かつランプ前面レンズ1cの出射位置によらず、分布が均一になるように変形ランプリフレクター1bの非球面反射面を形成している。

【0105】ランプ1から出射した平行光は、レンズアレイ21の各レンズ21aを透過してPBSアレイ22付近のレンズ焦点に集まる。その後、PBSアレイ22を透過して出てきた光はS偏光成分のみとなって後続の光学系で使用される。

【0106】図9はPBSアレイ22の働きを説明するための図である。図8と同一符号は同一の構成要素である。図9において、22bは光を遮る遮光板、22cは

P偏光成分をS偏光成分に変換する位相差フィルムである。遮光板22b、位相差フィルム22cは、各PBS22aの入射面、出射面にそれぞれ交互に設けられている。例えば、入射面に遮光板22bを有するPBS22aに隣接した各PBS22aには、位相差フィルム22cがその出射面にそれぞれ貼られている。

【0107】P偏光成分（直交偏光成分）とS偏光成分（直交偏光成分）とから成るランプ1からのランダム光（図9の符号P+S）は、位相差フィルム22cが貼られたPBS22aへ入射し、PBS22a内を直進するP偏光成分（図9の符号P）と反射するS偏光成分（図9の符号S）とに分解される。P偏光成分はそのまま直進して位相差フィルム22cによってS偏光成分に変換され、PBSアレイ22から出射する。一方、S偏光成分は隣接するPBS22aの一方へ反射し、光軸Z方向へ再び反射して、PBSアレイ22からS偏光成分のままだけに出射する。

【0108】PBSアレイ22が正しく機能するのは位相差フィルム22cが貼られたPBS22aに光が入射した場合であり、位相差フィルム22cのないPBS22aに入射した光はP偏光になってしまい、液晶パネルで使うことができない。そのため一般に余分な迷光を避けるため、位相差フィルム22cの貼られていないPBS22aに対しては遮光板22bが取り付けられている。

【0109】図12に示した通り、発光部1aの光源は光軸Z方向にアーク長dで長く伸びている。この事実を考慮して、発光部1aの両電極の先端点Pd、Peおよび中心点Pfから発した光がレンズアレイ21を透過した後、どこに焦点を結ぶのかを示す図を図10に示す。

【0110】図10はレンズアレイ21をそれぞれ備えた従来のランプ101と発明のランプ1とを比較するための図であり、図10(a)はランプ101、図10(b)はランプ1をそれぞれ示している。図8と同一符号は同一の構成要素である。

【0111】図10(a)より、ランプ101からの光束は光軸Zに近いほど発散角が大きくなるため、レンズアレイ21の各レンズ21aでは光軸Zに近いほど光源像が非常に大きくなり、光軸Zから離れるほど光源像が小さくなっていることが分かる。つまり、レンズアレイ21を備えたランプ101をPBSアレイ22に適用した場合、PBS22aが等間隔で並ぶPBSアレイ22の光軸Z付近では、光源像が大きいためにPBSアレイの遮光板22bによる光のケラレが大きくなって光量を損失してしまう。

【0112】一方、図10(b)では、ランプ101からの光束は光軸Zからの距離によらず発散角が均一なので、レンズアレイ21の各レンズ21aでは光軸Zからの距離によらずにその光源像の広がり方が一定となっ

ている。そのため、レンズアレイ21を備えたランプ1をPBSアレイ22に適用した場合、図10(a)で見られた光のケラレ量が大幅に減少し、光学系の光利用効率を向上させることができる。

【0113】以上のように、この実施の形態2によれば、ランプ1と、複数のレンズ21aから構成され、ランプ1から均一の分布で出射した光束をレンズ焦点に集光するレンズアレイ21と、レンズアレイ21のレンズ焦点付近に設置されるとともに、等間隔でアレイ状に並ぶ複数のPBS22aから構成され、光束に含まれる直交する2つの偏光成分を一致させて出射するPBSアレイ22とから偏光変換光学系を構成するようにしたので、光軸Z付近の各PBS22aにおける光のケラレを大幅に減少することができ、光学系の光利用効率を向上できるという効果が得られる。

【0114】なお図示は省略するが、画像情報を光に与える液晶パネル（光変調素子）と、この実施の形態2の偏光変換光学系からの出射光を液晶パネル入射面へ重ね合わせて入射するインテグレーター光学系と、液晶パネルから出射した光を投影する投影光学系と、投影光学系から投影された光を受光して、画像情報に基づく画像を表示するスクリーンとを用いて画像表示装置を構成することにより、光のケラレを減少した分だけ、画像表示装置のスクリーンに表示される画像をより明るくすることができる。

【0115】また、液晶パネルを用いた画像表示装置に限定されるわけではなく、DMDチップ（光変調素子）の画像表示装置にこの実施の形態2の偏光変換光学系を用いるようにしても良く、画像の明るさを改善することができる。また、偏光を利用した画像表示を行うことができるようになる。

【0116】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、ランプリフレクターの回転放物面を光軸に対して回転対称な非球面反射面に変形すると共に、ランプ前面ガラスの入射面または出射面の少なくとも一方を光軸に対して回転対称な非球面レンズ面に変形することによって、光源から各放射方向へ発する各光線群に異なるパワーをそれぞれ作用させて各光線群を平行光線群にコリメートし、ランプ前面レンズ出射面における発散角の分布を制御するようにしたので、従来と比較して、発散角の抑制された光束を平行光線群とともに出射できるという効果が得られる。

【0117】この発明によれば、光源から発した光を回転放物面によって反射した際に生じる、ランプ前面ガラスの出射面上で光軸を中心とした光の出射しない円形領域に対して、非球面反射面の反射および非球面レンズ面のレンズ作用によって円形領域を縮小するようにしたので、従来と比較して、発散角の抑制された光束を平行光線群とともに出射できるという効果が得られる。

【0118】この発明によれば、ランプ前面レンズ出射面上の任意の点における出射光束の発散角を一定にして出射するようにしたので、ランプ前面レンズ出射位置の光軸からの距離に依らず、発光部が発した全ての光束の発散角をはば一定にして出射できるという効果が得られる。

【0119】この発明によれば、上記のランプと、アレィ状に構成された複数のレンズを有し、ランプから出射した光を複数のレンズ焦点にそれぞれ集光するレンズアレィと、レンズアレィのレンズ焦点付近に設置されるとともに、アレィ状に構成された複数の偏光ビームスプリッターを有し、ランプ前面ガラスから出射した光に含まれる2つの直交偏光成分を一致させて出射する偏光変換素子とを備えるようにしたので、光軸付近の各偏光ビームスプリッターにおける光のケラレを大幅に減少することができ、光学系の光利用効率を向上できるという効果が得られる。

【0120】この発明によれば、上記のランプと、ランプから出射した光をレンズ焦点に集めるコンデンサーレンズ群と、レンズ焦点に集められた光を入射面で受光し、側面で全反射を繰り返した光を出射面から出射するロッドインテグレーターとを備えるようにしたので、従来と比較して、コンデンサーレンズ群のレンズ焦点における光源像の広がりを抑制することができ、ロッドインテグレーターの入射面で生じる損失を軽減できるという効果が得られる。

【0121】この発明によれば、上記の偏光変換光学系と、入射した光に画像情報を与えて出射する光変調素子と、偏光変換光学系から出射した光を光変調素子の入射面へ重ね合わせて入射するインテグレーター光学系と、画像情報を得て光変調素子から出射した光を投影する投影光学系と、投影光学系から投影された光を受光して、画像情報に基づく画像を表示するスクリーンとを備えるようにしたので、スクリーンに表示される画像の明るさを改善できるという効果が得られる。

【0122】この発明によれば、上記の集光光学系と、集光光学系から出射した光をリレーするリレー光学系と、リレー光学系によってリレーされた光に画像情報を与えて出射する光変調素子と、画像情報を得て光変調素子から出射した光を投影する投影光学系と、投影光学系から投影された光を受光して、画像情報に基づく画像を表示するスクリーンとを備えるようにしたので、スクリーンに表示される画像の明るさを改善できるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1によるランプを適用した集光光学系の構成を示す図である。

【図2】 従来のランプと実施の形態1のランプとを比較するための図である。

【図3】 従来のランプおよび実施の形態1のランプに

おける出射光束の発散角を比較するための図である。

【図4】 ランプ前面レンズの出射位置とロッドインテグレーターの入射面の入射位置とを示す図である。

【図5】 ランプ前面レンズの光出射位置とロッドインテグレーターの入射面の光入射位置との関係を示す図である。

【図6】 発光部に対する変形ランプリフレクターの非球面反射面の設計例を示す図である。

【図7】 この発明の実施の形態1による画像表示装置の構成例を示す図である。

【図8】 この発明の実施の形態2による偏光変換光学系の構成を示す図である。

【図9】 PBSアレィの働きを説明するための図である。

【図10】 レンズアレィをそれぞれ備えた従来のランプと発明のランプとを比較するための図である。

【図11】 従来のランプを用いた集光光学系の構成を示す図である。

【図12】 発光部の典型的な輝度分布特性を示す図である。

【図13】 発光部の典型的な配向分布特性を示す図である。

【図14】 ロッドインテグレーター内部の透過光の光路を示す図である。

【図15】 ロッドインテグレーターの入射光および出射光の照度分布特性を示す図である。

【図16】 ロッドインテグレーターの入射面に現れる発光部の光源の像を説明するための図である。

【図17】 ランプ前面ガラスの光出射位置と入射面の光入射位置との関係を示す図である。

【図18】 ランプ前面ガラスにおける出射光の光度分布を示す図である。

【符号の説明】

1 ランプ、1a 発光部、1b 変形ランプリフレクター、1b-1、1b-2 微小ミラー、1c ランプ前面レンズ、2a、2b コンデンサーレンズ（コンデンサーレンズ群）、3 ロッドインテグレーター、3a 入射面、3b 側面、3c 出射面、4a、4b、5d、5e、5f 光束、6a、6b 境界、7a、7b 光線、8 設置位置、11 カラーホイール、12 リレーレンズ（リレー光学系）、13 折り返しミラー（リレー光学系）、14 フィールドレンズ（リレー光学系）、15 TIRプリズム（光変調素子）、16 DMDチップ（光変調素子）、17 投影レンズ（投影光学系）、18 スクリーン、21 レンズアレィ、21a レンズ、22 PBSアレィ（偏光変換素子）、22a 偏光ビームスプリッター、22b 遮光板、22c 位相差フィルム、101 ランプ、101a 発光部、101b ランプリフレクター、101c ランプ前面ガラス、101z 点、102a、102b コ

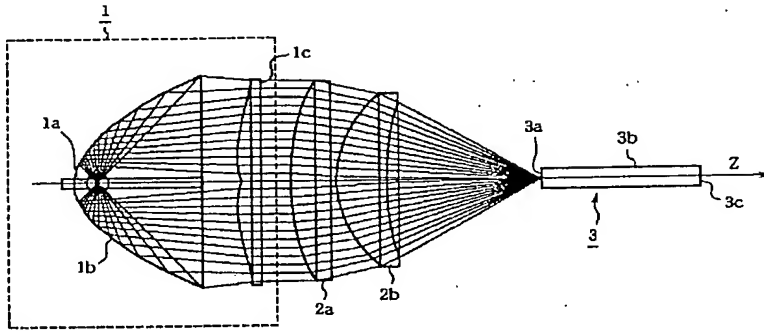
23

24

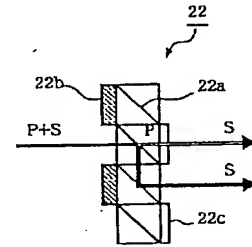
ンデサレーンズ、103 ロッドインテグレーター、
104 輝度分布、105 配向分布、106 d, 10
6 e, 106 f 光線、107 a, 107 b 境界、1
08 a, 108 b 光束、D デッドゾーン（円形領域）*

*域）、Pd, Pe 先端点、Pf 中心点、S 仮想平
面、S0 断面積、S1 断面積（通過断面積）、V
ボリュームゾーン、Z 光軸。

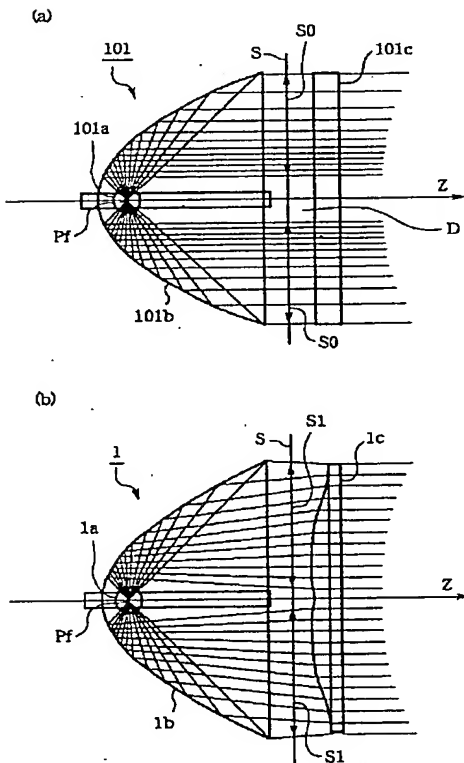
【図1】



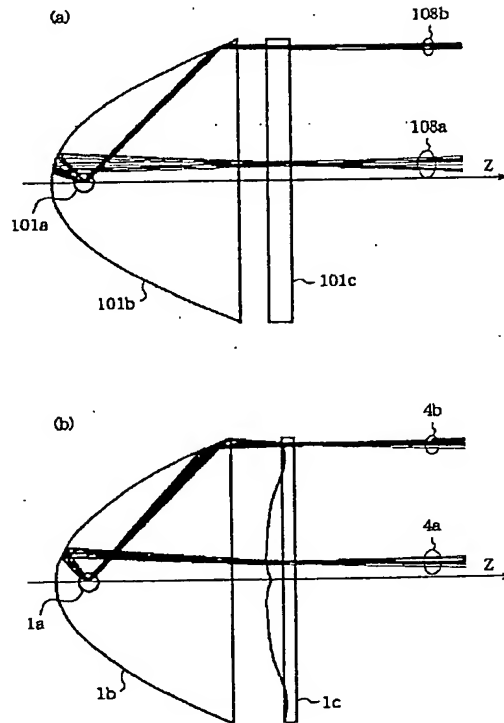
【図9】



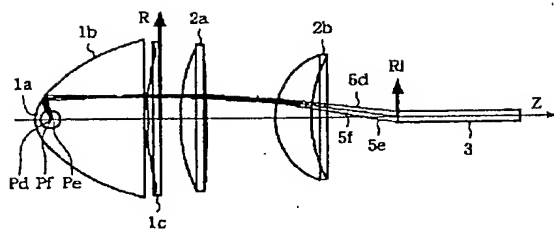
【図2】



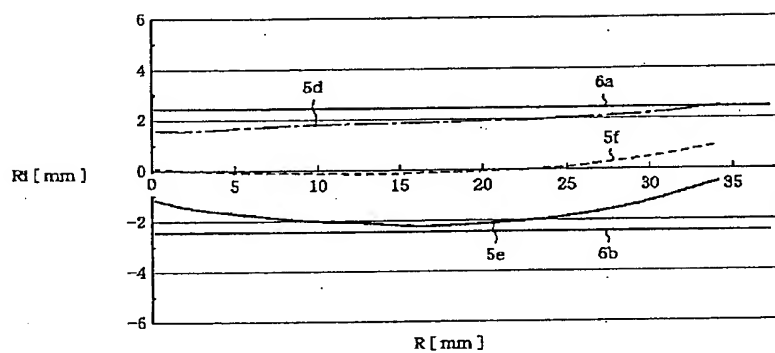
【図3】



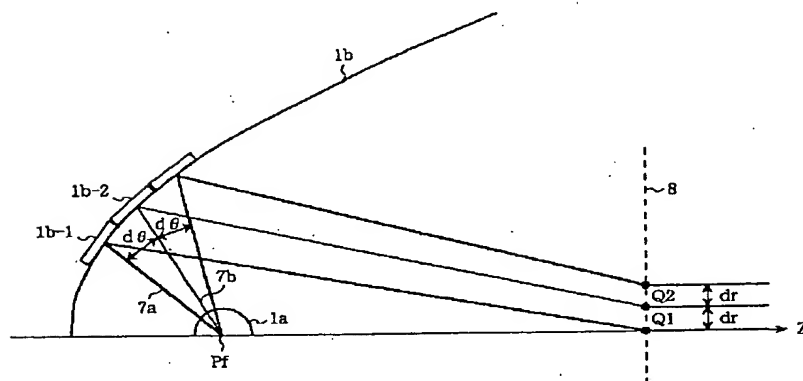
【図4】



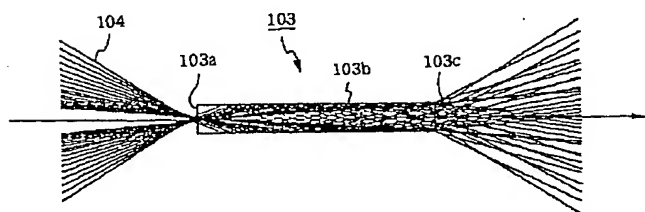
【図5】



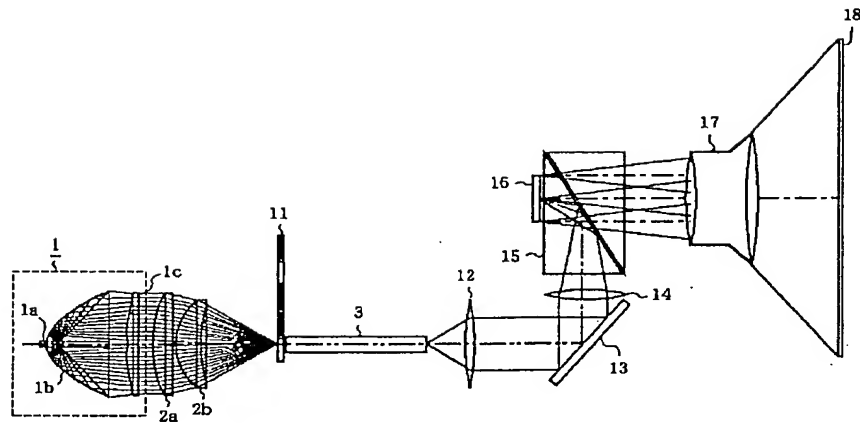
【図6】



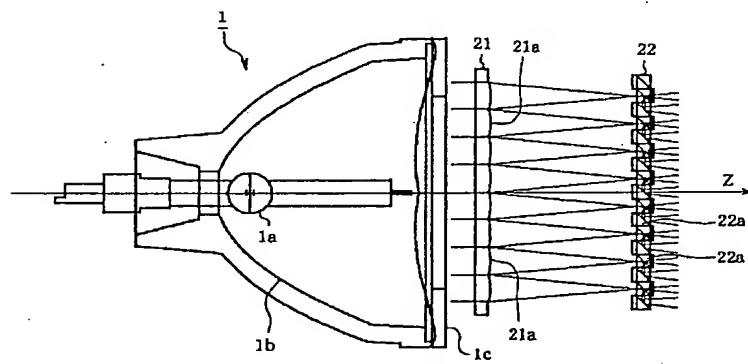
【図14】



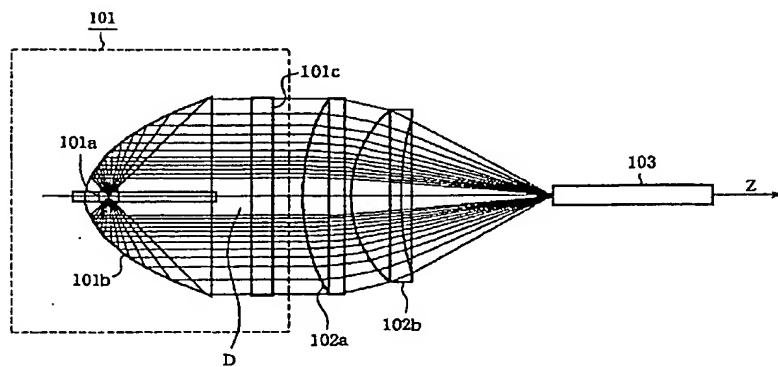
【図7】



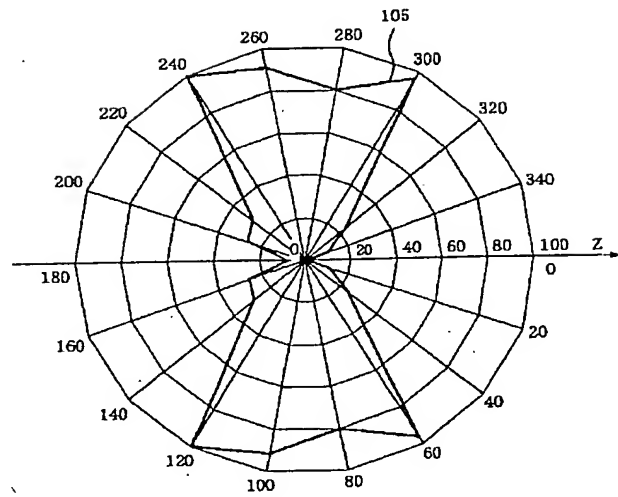
【図8】



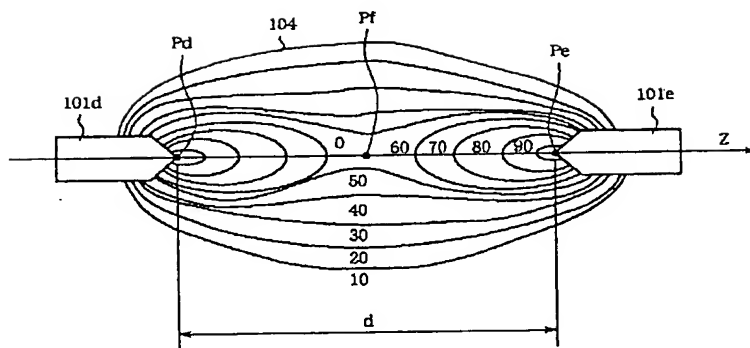
【図11】



【圖 13】

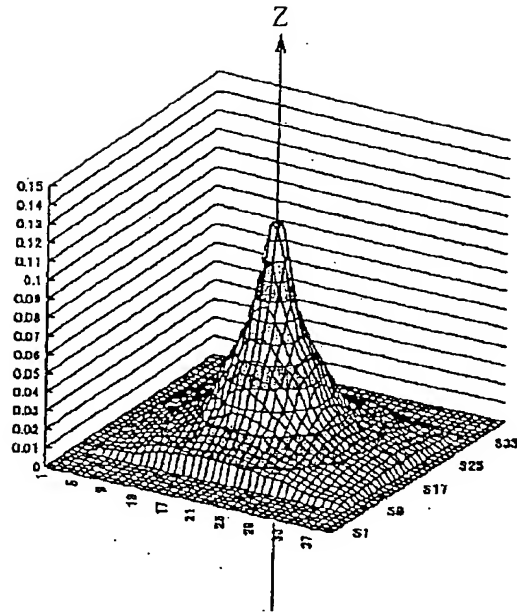


【圖 12】

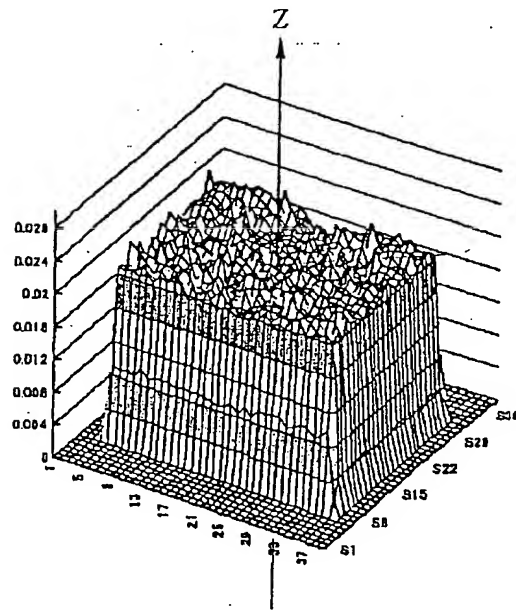


〔図15〕

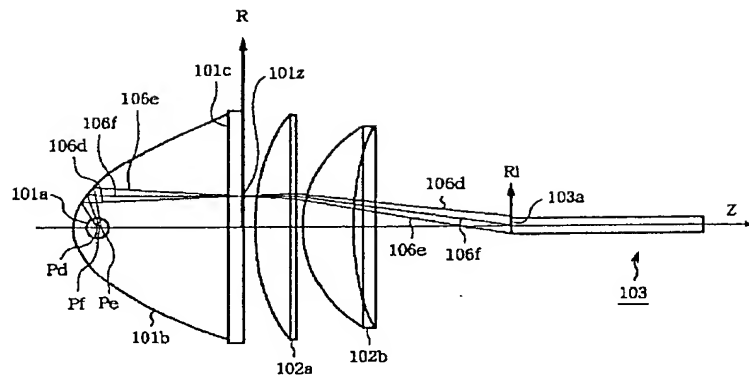
(a)



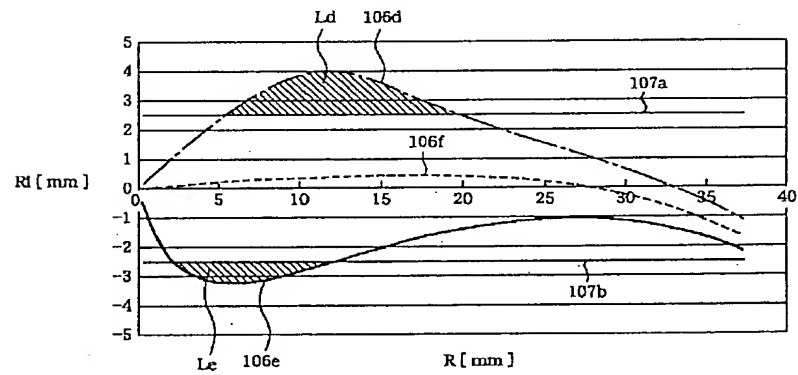
(b)



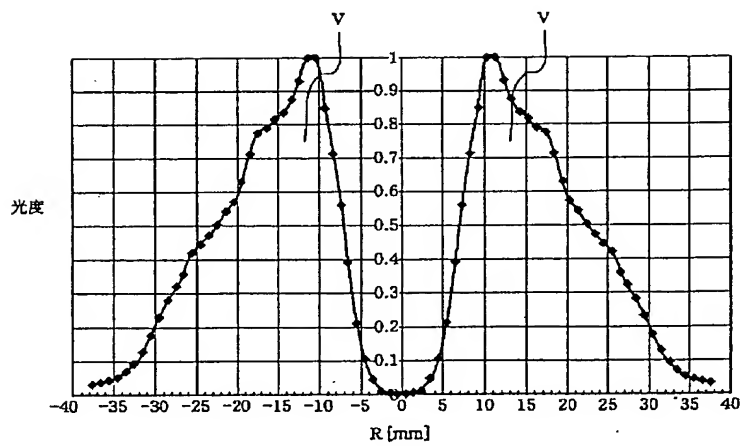
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷ 識別記号

G 0 3 B 21/10

21/14

H 0 4 N 5/74

F I

G 0 3 B 21/10

21/14

H 0 4 N 5/74

キーワード (参考)

A

Z

(72)発明者 西前 順一
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72)発明者 後藤 令幸
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72)発明者 寺本 浩平
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

Fターム(参考) 2H049 BA05 BA43 BB03 BC12 BC22
2H052 BA02 BA03 BA07 BA09 BA14
5C058 BA05 EA12 EA26 EA27 EA51